

ARTIGO ORIGINAL



REVISTA CIÊNCIA E CONHECIMENTO

Revista Eletrônica da ULBRA São Jerônimo

ISSN 2177-3483 | v. 13, n. 1, pg. 6-x, 2026

ARTIGO ORIGINAL — ÁREA: MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Protótipo de biodigestor para produção de biogás: um estudo sobre viabilidade em complexos prisionais

*Biodigester prototype for biogas production: a feasibility study in prison complexes*Andresa da Costa Ribeiro¹ · Lucas Pereira Franco¹ · Isis Flores Lesama¹ · Josué Michels¹¹ Instituto Federal Sul-rio-grandense - Campus Charqueadas/RS, Brasil. E-mail: desa.ribeiro@hotmail.com

RESUMO

O metano (CH₄), embora seja um potente gás de efeito estufa, pode ser aproveitado como fonte de energia limpa e renovável quando capturado. Este projeto visa desenvolver um protótipo de biodigestor – sistema fechado de decomposição anaeróbia – para produzir biogás a partir de resíduos orgânicos. O objetivo é demonstrar a viabilidade do processo e examinar seus benefícios em ambientes com grande geração de resíduos, como complexos prisionais, visando o descarte correto, a produção de energia limpa e a redução de impactos ambientais. O protótipo foi construído com galão de 20L, mangueiras, cano PVC, registros, filtros purificadores, esponja de aço, câmara de ar, frasco de vidro e soda cáustica. Após a inserção dos resíduos, observou-se produção de biogás em cerca de dez dias, evidenciada pela saída do gás nos registros e pelo borbulhamento nos filtros. O sistema mostrou-se eficiente na geração, purificação e decomposição anaeróbica, comprovando seu potencial para gerar energia limpa. Conclui-se que a iniciativa é uma alternativa sustentável promissora para presídios e outros espaços com alta produção de resíduos, promovendo sustentabilidade e conscientização ambiental.

Palavras-chave: biodigestor; metano; complexo prisional; sustentabilidade.

ABSTRACT

Although methane (CH₄) is a potent greenhouse gas, it can be harnessed as a clean and renewable energy source when properly captured. This project aims to develop a biodigester prototype – a closed anaerobic decomposition system – to produce biogas from organic waste. The objective is to demonstrate the feasibility of the process and examine its benefits in environments with high organic waste generation, such as prison complexes, aiming at proper waste disposal, clean energy production, and reduced environmental impacts. The prototype was built using a 20L water gallon, hoses, PVC pipe, valves, purification filters, steel sponge, air chamber, glass flask, and caustic soda. After the insertion of organic waste, biogas production was observed within approximately ten days, evidenced by gas outflow through the valves and bubbling in the filters. The system proved efficient in generation, purification, and anaerobic decomposition, confirming its potential to produce clean energy. It is concluded that this initiative presents a promising sustainable alternative for prisons and other high-waste-generating spaces, promoting sustainability and environmental awareness.

Keywords: biodigester; methane; prison complexes; sustainability.

HISTORICO DO ARTIGO

Recebido: 18/12/2025

Revisado: 22/06/2026

Aceito: 25/06/2026

Publicado: 30/06/2026

COMO CITAR (ABNT)

RIBEIRO, Andresa da Costa *et al.*, Protótipo de biodigestor para produção de biogás: um estudo sobre a viabilidade em complexos prisionais. **Revista Ciência & Conhecimento**, São Jerônimo, v. 13, n. 1, p. 18-25, jun. 2026. DOI: 10.5281/zenodo.20947369.

LICENÇA

CC BY 4.0 — distribuição e reprodução permitidas.

1 INTRODUÇÃO

Em 1778, após uma de suas várias observações e pesquisas em áreas pantanosas, o químico italiano Alessandro Volta descobriu um gás formado nos pântanos através da decomposição de resíduos orgânicos. A este composto foi dado o nome de “gás dos pântanos” (Liu *et al.*, 2012).

Atualmente, o gás dos pântanos se refere ao gás metano (CH_4), um gás incolor, inodoro e altamente inflamável, composto de um átomo de carbono no qual está ligado por ligações simples a quatro átomos de hidrogênio. Apesar de ter função como combustível fóssil, o metano é o segundo gás mais abundante do efeito estufa, sendo responsável por cerca de 20 % das emissões globais (Richter; De Lara; Andreazza, 2021).

Como um gás do efeito estufa (GEE), o metano é um dos gases mais prejudiciais para a saúde humana e para o planeta, sendo em grande escala, pior que o dióxido de carbono (CO_2). De acordo com Reay (2018) as concentrações globais de metano na atmosfera aumentaram continuamente nos últimos anos. Acredita-se que as concentrações tenham mais do que duplicado desde a Revolução Industrial. Novas mudanças ambientais, especialmente as climáticas, no século XXI têm o potencial de alterar radicalmente os fluxos globais de metano.

No entanto, apesar dos danos que este gás pode causar, quando aplicado corretamente, o metano pode se transformar em biogás, uma fonte de energia limpa e renovável. O biogás é considerado um biocombustível que provém de resíduos orgânicos e por isso se torna uma fonte de energia renovável. Essa energia limpa é composta por uma mistura de gases como o metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), e em menores proporções o nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e o gás sulfídrico (H_2S) (Silva, 2024).

Segundo Dotto e Wolff (Dotto e Wolff, 2012) um biodigestor é composto, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, ou seja, sem a presença de oxigênio. O resultado desta fermentação é a liberação de biogás e a produção de biofertilizante. Existem vários tipos de biodigestores, mas, em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente que abriga e permite a digestão da biomassa e um gasômetro (campânula) que armazena o biogás. Dentro do biodigestor há

total ausência de oxigênio e luz. Sendo assim as bactérias anaeróbicas digerem a biomassa, sendo essa digestão ou fermentação, constituída por 3 etapas.

Na etapa 1 (ou etapa sólida), substâncias como carboidratos, lipídios e proteínas são atacadas por bactérias fermentativas comuns para a produção de ácidos graxos, glicose e aminoácidos. Na etapa 2 (ou etapa líquida), as substâncias formadas anteriormente são atacadas pela propion-bactéria, bactérias acetogênicas e bactérias acidogênicas, formando ácidos orgânicos, principalmente, o propiônico e o acético, ainda formando o dióxido de carbono, acetatos e H_2 . E na etapa 3 (ou etapa gasosa), as bactérias metanogênicas atuam sobre os ácidos orgânicos para produzir biogás, sendo esse formado principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (Dotto e Wolff, 2012).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Complexos prisionais são ambientes que concentram grande número de pessoas, e consequentemente, grande geração de resíduos orgânicos diariamente. Esses resíduos são compostos principalmente por restos de alimentos das cozinhas e refeitórios, resíduos agrícolas e principalmente, dejetos humanos. Na maioria das vezes, esses materiais são descartados de forma inadequada, agravando os impactos ambientais locais. Por isso, medidas são necessárias para a redução de despejos dos materiais orgânicos em lugares inapropriados e, também, o emprego desses resíduos como fonte de energia para a produção de biogás e de biofertilizantes (Rocha, 2022).

A aplicação de biodigestores nestes ambientes permite o aproveitamento eficiente de resíduos orgânicos presente em restos de alimentos, esterco, resíduos agrícolas, entre outros. Além de produzir biofertilizante, rico em nutrientes essenciais tais como nitrogênio, fósforo e potássio, e produzir biogás, o biodigestor pode gerar tantos benefícios ambientais pela eliminação dos resíduos descartados incorretamente, diminuindo a contaminação da água, do solo, e do ar, quanto sociais evitando contato humano com os resíduos e à proliferação de pragas e outras doenças relacionadas à falta de saneamento básico. Além disso, o seu uso também causa impactos econômicos que podem ser percebidos por meio da geração de energia e uso destes biofertilizantes (Barbosa e Langer, 2011).

Nos últimos anos, a produção de biogás tem ganhado destaque como alternativa sustentável de geração de energia. No entanto, apesar da crescente procura por fontes sustentáveis de energia e dos avanços nas pesquisas sobre o aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de biogás, a implantação de biodigestores em ambientes institucionais, como complexos prisionais, ainda é pouco explorada. Pesquisas recentes comprovam essa tese, como o conduzido por Situmeang (Situmeang; Mazancová; Roubík, 2022) que reforça a escassez de estudos sobre o tema, devido a diversos fatores técnicos, econômicos e sociais.

Apesar da escassez de estudos sobre o tema, a implementação de biodigestores em complexos prisionais apresenta diversos benefícios, permitindo um descarte correto dos resíduos, diminuindo o impacto ambiental e o custo de destinação final. Além disso, o biogás produzido pode ser utilizado para atender demandas internas de energia, como iluminação, aquecimento e cocção de alimentos, reduzindo gastos com combustíveis convencionais, como o gás de cozinha (GLP), enquanto o biofertilizante gerado no processo pode ser utilizado em jardins, hortas e áreas verdes (De Oliveira Florentino; Marcucci, [s. d.]).

Diante do exposto, este trabalho apresenta grande relevância, pois promove a conscientização ambiental acerca da transformação de resíduos orgânicos que seriam descartados, em energia limpa e renovável. Em complexos prisionais, onde há grande concentração de pessoas e grande geração de resíduos, a implementação de um sistema de biodigestor seria essencial.

Estudos internacionais comprovam essa tese, como o conduzido por Lohri et al. (2013), onde foram analisados 13 sistemas de biodigestor em complexos prisionais de Ruanda, Filipinas e Nepal. O estudo demonstrou grande êxito na instalação desse sistema dentro dos parâmetros locais desses países, reforçando melhorias sanitárias e benefícios ambientais e econômicos.

Segundo Cândido et al. (Cândido et al., 2025), no contexto brasileiro, os biodigestores são utilizados principalmente em propriedades rurais para o manejo dos resíduos agropecuários, pois esta gera grandes quantidades de resíduos orgânicos. Nos últimos anos, essa tecnologia vem sendo reconhecida pelos seus diversos benefícios ambientais e econômicos. No entanto, ainda há carência de investimentos e políticas públicas que

incentivem sua aplicação em outros ambientes com grande geração de resíduos, o que demonstra um grande potencial de crescimento e aproveitamento sustentável dessa tecnologia no país (Freitas et al., 2020).

Portanto, percebe-se que complexos prisionais apresentam grande potencial para a aplicação de sistemas de biodigestores capazes de produzir biogás, enfatizando sua capacidade para promover descarte correto dos resíduos, sustentabilidade, economia de energia, redução de custos e educação ambiental.

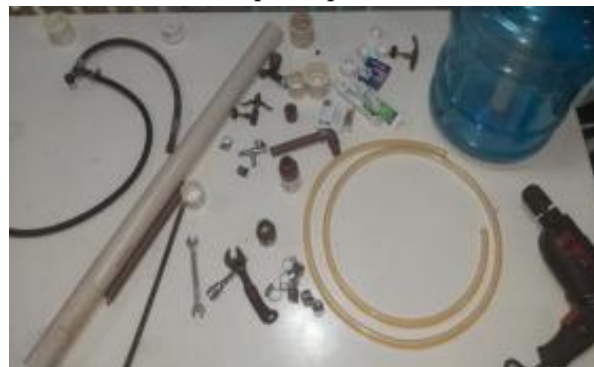
Sendo assim, pretende-se neste estudo desenvolver um protótipo de biodigestor com capacidade de produzir biogás e biofertilizante como alternativa para redução de resíduos orgânicos obtidos em uma penitenciária estadual da cidade e verificar sua disponibilidade de uso.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste projeto foi do tipo experimental e aplicada, pois envolve a criação de um protótipo de biodigestor com a capacidade de produzir biogás em pequena escala a partir da decomposição de fezes de cachorro. A metodologia proposta seguiu a usada por Freitas *et al.* (2020), com as devidas modificações.

Acredita-se que os resultados obtidos no protótipo a ser desenvolvido permitirá verificar a viabilidade da implantação de um sistema em escala maior em um ambiente com alta geração de resíduos, tais como os complexos prisionais. Para o desenvolvimento do protótipo de biodigestor, foram utilizados materiais acessíveis (Fig. 1), visando demonstrar o funcionamento do sistema de forma prática e simples.

Figura 1. Materiais utilizados para a construção do protótipo.



Fonte: Os autores (2025).

Os materiais utilizados: Galão de água (20 L), 1 mangueira 1,5m, cano de PVC (40 mm) com 50 cm, joelho (20 mm), 3 registros de gás, torneira de jardim, filtro líquido, filtro seco, palha de aço (tipo bombril), câmara de ar, frasco de vidro, 350 mL de solução de soda cáustica a 200g/L, 3 luvas (40 mm), 2 luvas redução de 40 mm para 20 mm, 10 abraçadeiras, 200 mL Hidróxido de sódio (20%), fezes de cachorro.

3.1 Impactos sociais do uso excessivo de telas

Para a montagem do biodigestor, conectou-se o registro (válvula) e a torneira de jardim ao galão. Após, os resíduos orgânicos foram inseridos regularmente de cinco em cinco dias dentro do biodigestor. Para favorecer a proliferação das bactérias, o galão foi pintado de preto, pois foi constatado que esta cor é eficiente na absorção de energia solar e ajuda na proliferação das bactérias (Dotto e Wolff, 2012).

Os gases formados (principalmente CH_4 , CO_2 e H_2S) seguem para o sistema de purificação, necessário para a remoção de substâncias que possam causar corrosão e desgastes mecânicos nos equipamentos de modo a obter um biogás com alta pureza (Moura, 2018). O sistema de purificação foi composto por duas etapas: 1. Filtro líquido (solução de soda cáustica com água) – conectado ao biodigestor por meio da mangueira, responsável por remover parte do dióxido de carbono dissolvendo-o na solução com soda cáustica. 2. Filtro seco (filtro de ferro) – construído com tubo de PVC preenchido com palha de aço, onde ocorre reação química entre o ferro e o gás sulfídrico, removendo H_2S do biogás.

Após a purificação, o metano é direcionado para uma câmara de ar, que funciona como reservatório e indicador visual da produção de gás. Durante o experimento, serão monitoradas: a produção de gás (observando o enchimento da câmara de ar); o tempo necessário para início da geração do biogás; a eficiência dos filtros na purificação do gás (Fig. 2).

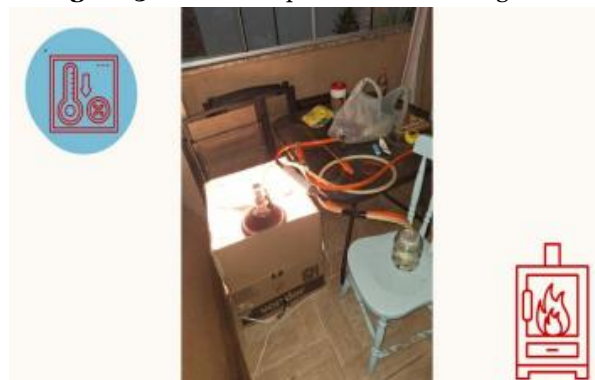
Figura 2. Registro visual do protótipo do biodigestor.



Fonte: Foto dos autores (2025).

Durante o experimento, também foi construída uma estufa para aumentar a temperatura do biodigestor, e consequentemente, otimizar o processo de decomposição anaeróbica. A estufa foi construída utilizando os seguintes materiais: caixa de papelão; 4 lâmpadas soquetes; 2m de fio e papel alumínio (Fig. 3).

Figura 3. Estufa de aquecimento do biodigestor.



Fonte: Foto dos autores (2025).

4 RESULTADOS

Os resíduos orgânicos foram inseridos regularmente de cinco em cinco dias dentro do biodigestor. Observou-se que, após os primeiros dez dias, o biogás começou a ser gerado pela decomposição anaeróbica das bactérias, evidenciados pela saída do biogás em uma das torneiras e pelo borbulhamento na solução do filtro líquido.

Além disso, após cerca de quinze dias de inserção de resíduos no biodigestor, o gás produzido apresentou características típicas de biogás, com presença predominante de metano (CH_4) na câmara de ar, identificado pela inflamabilidade e pela coloração azulada da chama durante o teste da queima, e confirmando que o processo anaeróbio estava ocorrendo da forma prevista (Fig.4).

Figura 4. Imagem real do teste da queima do biogás.

Fonte: Foto dos autores (2025).

Embora não tenham sido utilizados sensores de medição de volume de biogás, foi possível notar a eficiência do sistema pela observação do enchimento da câmara de ar, pela reação nos filtros e pela queima do biogás.

Notou-se também que a temperatura ambiente influenciou significativamente na produção de biogás, sendo que os dias mais quentes aceleram a proliferação das bactérias. Castro e Cortez (Castro e Cortez, 1998) indicam que o processo de biodigestão pode ocorrer numa faixa de 10°C a 60°C, de acordo com o tipo de bactéria: bactérias criofílicas atuam a temperaturas inferiores a 20°C, bactérias mesofílicas atuam em temperaturas entre 30 e 40°C e bactérias termofílicas entre 45 e 60°C.

No experimento, foi possível perceber que, em temperaturas inferiores a 20°C, havia pouca produção de biogás. Verificou-se então que a estufa manteve a temperatura mais alta (em torno de 30°C), o que ajudou na produção do biogás. A tabela 1 apresenta os principais pontos analisados durante o processo, incluindo variações de temperatura, de pH, e o tempo de geração do biogás.

Tabela 1: Tabela que apresenta as condições iniciais e finais do experimento.

Pontos observados	Condição inicial	Após dez dias	Após correção do pH
pH do biodigestor	5,8	—	7,2 (ajustado com bicarbonato)
Temperatura ambiente (°C)	20 °C	30 °C (com estufa)	—
Produção de biogás	Praticamente nula	Evidenciada pelo borbulhamento no filtro líquido	Constante
Enchimento da câmara de ar	—	—	Completa

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Segundo Alvarez (Alvarez, 2013), em um biodigestor anaeróbio operado corretamente, o pH deve ficar entre 6,8 e 7,2. Devido a este fato, para obter maior produtividade do biogás no experimento, foi garantida a manutenção de seu pH. Conforme Kunz et al. (Steinmetz, [s. d.]), valores de pH abaixo de 6,7 podem comprometer a produção de gases. Neste trabalho, o pH do biodigestor estava inicialmente em torno de 5,8, uma condição desfavorável para proliferação das bactérias (Tabela 1). Para restabelecer a faixa ideal de pH, adicionou-se bicarbonato de sódio, como mostra Nguyen (Nguyen *et al.*, 2019), que verificou que a adição de bicarbonato de sódio em biodigestores anaeróbios é eficaz para estabilizar a alcalinidade e evitar queda de pH causada pelo acúmulo de ácidos.

3.1 Projeção de viabilidade em um complexo prisional

Com base nessa experiência, foi realizada uma projeção de viabilidade para aplicação do sistema em complexos prisionais. Para isso, foi feito um levantamento junto à Penitenciária Estadual de Charqueadas (PEC), localizada na cidade de Charqueadas/RS. A penitenciária abriga cerca de 550 detentos. De acordo com Ota *et al.* (2024), em estudo realizado em um condomínio com 317 pessoas, a geração média de resíduos orgânicos por pessoa foi estimada em 0,384 kg na área analisada. Utilizando esse número como referência, a Penitenciária Estadual de Charqueadas teria uma geração estimada de 211,2 kg de resíduos orgânicos por dia ($550 \times 0,384$ kg).

A produção de biogás depende fortemente do tipo de substrato utilizado e das condições operacionais do processo (Ignatowicz et al., 2023), razão pela qual os valores reportados nos estudos variam amplamente. O estudo conduzido por Ismail et al. (Ismail; Adewole, 2014) sobre a digestão anaeróbia de fezes humanas indicou que os rendimentos de biogás variam entre 0,02 e 0,028 m³ por quilograma de resíduo. Com base nesses valores e considerando os 211,2 kg de resíduos estimados para a penitenciária, a produção potencial de biogás seria de aproximadamente 4,22 a 5,91 m³ diariamente.

Com base na *World Bioenergy Association* (2013) 1 m³ de biogás gera, em média, de 5 a 7 kWh de energia, dependendo do teor de metano presente. Segundo Silva (2024), o biogás é composto de 55 – 70 % de metano; no estudo citado acima, adotou-se o valor de 60 % de para a realização dos cálculos. Sendo assim, o potencial energético diário da penitenciária iria variar de 52,8 a 147,8 kWh por dia. Essa quantidade seria suficiente para suprir, por exemplo, o consumo de iluminação de vários setores, garantiria aquecimento na hora de banhos ou até mesmo para abastecer parte da cozinha, reduzindo custos com o gás de cozinha convencional.

A tabela 2 a seguir apresenta detalhadamente os cálculos realizados para projetar a geração de resíduos, a produção de biogás e o potencial energético diários da Penitenciária Estadual de Charqueadas.

Tabela 2. Projeção de geração de resíduos, produção de biogás e potencial energético diários da Penitenciária Estadual de Charqueadas.

Projeção	Cálculo	Resultado
Geração diária de resíduos	$0,384 \text{ kg} \times 550$	211,2 kg/dia
Produção de biogás	$211,2 \text{ kg} \times (0,02 - 0,028 \text{ m}^3/\text{kg})$	4,22 - 5,91 m ³ /dia
Potencial energético	$(4,22 - 5,91) \text{ m}^3 \times (5 - 7 \text{ kWh/m}^3)$	21,1 - 41,37 kWh/dia

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Como informado anteriormente, além da produção de biogás, o processo de decomposição dos resíduos orgânicos gera digestato (biofertilizante), resíduo composto por matéria orgânica sólida e líquida que não é decomposta no processo de fermentação anaeróbia (Marcucci, 2018). O digestato é rico em matéria orgânica e

nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio (MARTÍN-SANZ-GARRIDO et al., 2025) podendo ser aplicado como adubo orgânico em hortas, jardins e áreas verdes. Em um complexo prisional, o biofertilizante poderia ser destinado à manutenção de hortas, auxiliando na produção de alimentos, reduzindo custos com recursos agrícolas e promovendo práticas sustentáveis. A Fig. 5 apresenta o registro visual do biofertilizante gerado pelo protótipo após o processo de biodigestão.

Figura 5. Biofertilizante resultante do processo de biodigestão.



Fonte: Foto dos autores (2025).

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciaram que é possível produzir biogás de forma eficiente em sistemas de baixo custo. O desenvolvimento do protótipo de biodigestor demonstrou em pequena escala a viabilidade da produção de biogás, evidenciando o potencial de implementação dessa tecnologia em ambientes com alta geração de resíduos, como complexos prisionais. A geração de biogás após dez dias de inserção dos resíduos orgânicos comprova que o processo de digestão anaeróbia estava ocorrendo adequadamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Ahn et al., (2010), que também observaram a produção de biogás poucos dias após a inserção dos resíduos.

A construção da estufa de aquecimento mostrou-se uma solução importante para manter a temperatura próxima de 30°C (faixa mesofílica), resultando em maior produtividade de biogás. Esse comportamento está em conformidade com os resultados apresentados por Castro e Cortez (1998), que apontam essa faixa como a mais adequada para otimização da produção de metano. O ajuste do pH foi outro ponto crucial para a estabilidade do processo e para maior produtividade de biogás, confirmando o que

mostra Nguyen *et al.*, (2019), que destacam a eficiência de bicarbonato de sódio para manter a alcalinidade do biodigestor.

A purificação do biogás com os filtros líquido e seco também se mostrou eficiente, uma vez que o biogás resultante apresentou características predominantes de metano. Este resultado reforça as observações feitas por Silva (SILVA, C. A. B. V., 2009) e Moura (2018), que destacaram a importância em isolar o metano dos restantes constituintes do biogás, e dessa forma, evitar qualquer dano nos equipamentos de queima e aumentar seu poder calorífico.

A projeção de viabilidade realizada na Penitenciária Estadual de Charqueadas evidenciou um potencial significativo de geração de energia, o que poderia suprir necessidades da penitenciária, como iluminação, aquecimento e cozinha. Em comparação com o estudo de Lori *et al.*, (2013), que demonstrou êxito na implantação de biodigestores em penitenciárias da África e Ásia, os resultados obtidos neste trabalho reforçam a necessidade de aplicação da tecnologia também no contexto brasileiro.

Além da geração do biogás, observou-se a produção de biofertilizante. Estudos como o de Oliveira *et al.*, (2019) e Martiz-Sanz-Garrido *et al.*, (2025) destacam que o biofertilizante é um subproduto valioso facilmente produzido para uso agrícola e dispensam a necessidade de adubos químicos.

Portanto, os resultados obtidos neste trabalho demonstram que o uso de biodigestores pode ser uma alternativa sustentável para a produção de energia limpa e gestão correta dos resíduos em ambientes com alta geração de resíduos, como complexos prisionais. Apesar da ausência de sensores para medição e composição do biogás, o desempenho observado do processo confirmou a funcionalidade do sistema e o potencial de aplicação em maior escala.

Conclui-se que o protótipo desenvolvido cumpre sua proposta de demonstrar a viabilidade de produção de biogás em pequena escala, e reforça a importância do uso dessa tecnologia em ambientes com alta geração de resíduos. Como expectativas futuras, espera-se a ampliação desse experimento com sensores para medição e composição do biogás, testes com diferentes tipos de substratos e resíduos, e análise do potencial energético real, de forma a comprovar os resultados obtidos e contribuir para o avanço de

projetos sustentáveis em instituições públicas e privadas.

DECLARAÇÕES

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Aprovação ética

Não se aplica: estudo com dados públicos e agregados.

REFERÊNCIAS

- AHN, Hee Kwon et al. Evaluation of biogas production potential by dry anaerobic digestion of switchgrass–animal manure mixtures. **Applied biochemistry and biotechnology**, [s. l.], v. 160, n. 4, p. 965–975, 2010.
- ALVAREZ, Gustavo Aguilar. Control de temperatura y pH aplicado en biodigestores modulares de estructura flexible con reciclado de lodos a pequeña escala. [s. l.], 2013.
- ASSOCIATION, World Bioenergy. Biogas-an important renewable energy source. **World Bioenergy Association**, Stockholm, Sweden, [s. l.], 2013.
- BARBOSA, George; LANGER, Marcelo. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unesco & Ciência–ACSA**, Joaçaba, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 87–96, 2011.
- CÂNDIDO, Ellen Emanuele Souza et al. Biodigestores: Vantagens e Eficiência Energética no Brasil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1–21, 2025.
- CASTRO, Larissa Rodrigues de; CORTEZ, Luís Augusto Barbosa. Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 2, p. 97–102, 1998.
- DOTTO, Rodrigo Bragança; WOLFF, Delmira Beatriz. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 13–26, 2012.
- FREITAS, Lindeberg Rocha et al. Construção de experimento de baixo custo e de alto interesse social: montagem de biodigestor caseiro. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 30099–30106, 2020.
- IGNATOWICZ, Katarzyna et al. Biogas production depending on the substrate used: A review and evaluation study—European examples. **Energies**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 798, 2023.
- ISMAIL, Olawale Saheed; ADEWOLE, Opeyemi Sodik. Evaluating the biogas yield and design of a biodigester to generate cooking gas from human faeces. Leonardo Electronic **Journal of Practices and Technologies**, [s. l.], v. 25, p. 232–241, 2014.
- LIU, Wenwu et al. Is methane a new therapeutic gas? **Medical gas research**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 25, 2012.

LOHRI, Christian Riuji et al. Ensuring Appropriateness of Biogas Sanitation Systems for Prisons: Analysis from Rwanda, Nepal and the Philippines. In: **Technologies For Sustainable Development: A Way To Reduce Poverty?** [S. l.]: Springer, 2013. p. 57–72.

MARCUCCI, Leandro Willian. Otimização da produção de biogás em biodigestores batelada. [S.l.]: **Universidade Estadual Paulista (Unesp)**, 23 fev. 2018.

MARTÍN-SANZ-GARRIDO, Carmen et al. A Review on Anaerobic Digestate as a Biofertilizer: Characteristics, Production, and Environmental Impacts from a Life Cycle Assessment Perspective. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 15, p. 8635, 2025.

MOURA, Mariana Baptista Taves de. Processo combinado para a purificação do biogás por contactores com membranas e regeneração do líquido absorvente por eletrodialise. [s. l.], 2018.

NGUYEN, Van Than et al. Anaerobic treatment of residuals from tanks transporting food and fodder. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 26, n. 32, p. 32698–32707, 2019.

OLIVEIRA, A J S et al. Biodigestor caseiro aplicado a produção de biofertilizante a partir de biomassa bovina. **Scientia Amazonia**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. E14–E19, 2019.

OTA, Denise Maki; DAL BOSCO, Tatiane Cristina; PRATES, Kátia Valéria Marques Cardoso. Geração per capita de resíduos orgânicos, rejeitos e recicláveis em condomínio vertical de Londrina-PR. [s. l.],

REAY, Dave S et al. Methane and global environmental change. Annual Review of **Environment and Resources**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 165–192, 2018.

RICHTER, Marc François; DE LARA, Daniela Mueller; ANDREAZZA, Ricardo de Carly Luz. Educação Ambiental e Gases do Efeito Estufa (GEE): uma abordagem do papel do metano para Educação Básica. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [s. l.], v. 16, n. 5, p. 431–445, 2021.

ROCHA, Mayesk Alves. Avaliação do potencial de geração de biogás a partir de resíduos orgânicos de um restaurante popular. [s. l.], 2022.

SILVA, Cláudio Alexandre Batista Veloso. Limpeza e Purificação de Biogás. [s. l.], 2009.

SILVA, Gabriela Carvalho. Estimativa da produção de gás metano no aterro sanitário municipal de Vitória da Conquista-BA: um estudo da sua geração e viabilidade econômica. [s. l.], 2024.

SITUMEANG, Ricardo; MAZANCOVÁ, Jana; ROUBÍK, Hynek. Technological, economic, social and environmental barriers to adoption of small-scale biogas plants: case of Indonesia. **Energies**, [s. l.], v. 15, n. 14, p. 5105, 2022.

STEINMETZ, R L R. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. [s. l.].